

МАТЕМАТИКА КАК ОСНОВА МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ДИСКУРСА В НАУКЕ

Яскевич Я.С.

Белорусский государственный экономический университет, г. Минск

Развитие методологии специальных (естественных, технических и социально-гуманитарных наук) осуществляется во второй половине 19 в. в контексте дифференциации «наук о духе» и «наук о природе», развития дисциплинарно организованной науки и на базе сформированных к тому времени общеметодологических исследований, ориентированных на реальные приемы и методы науки.

Становлению наук в их историческом развитии предшествовал переход от преднауки к науке, который первой осуществила математика, когда по мере эволюции числа и геометрические фигуры начали рассматриваться не как прообразы предметов, которыми оперируют в практике, а как относительно самостоятельные математические объекты, свойства которых подлежат систематическому изучению. Собственно математическое исследование начинается именно с этого момента, когда из ранее изученных чисел и геометрических фигур строятся новые идеальные объекты. Вслед за математикой способ теоретического познания, связанный с оперированием с идеальными объектами, выдвижением гипотез с их последующим обоснованием опытом, утвердился в естествознании. В начале следующего этапа развития науки выделяется формирование технических наук как своеобразного опосредующего слоя знаний между естествознанием и производством. Затем происходит становление социальных (история, политология, юриспруденция, экономика и др.) и гуманитарных (философия, журналистика, языковедение, искусствоведение и др.) наук [1, с.359].

При всех своих различиях, обусловленных спецификой изучаемой предметной области и требующей особых методов и познавательных процедур, в целом методология научного познания нацелена на объективное его изучение и поиск закономерностей, что является обязательной характеристикой научного подхода и сближает в этом плане методологию социально-гуманитарного, естественнонаучного и технического знания. В этом контексте особую актуальность сегодня приобретает разработка философии и методологии математического образования студентов гуманитарных и естественнонаучных специальностей, чему способствует выявление общих и специфических характеристик методологии познания «наук о природе» и «наук о духе». Сформированные классической наукой приоритеты методологии естественнонаучного знания, в том числе, благодаря математике, определили его развитие вплоть до научной революции конца XIX – начала XX века.

Принципы термодинамики (энергия мира постоянна; энтропия стремится к максимуму) знаменовали собой концептуальные изменения в науке и приводили к новым эталонам научного знания. Если в классической механике важнейшими основаниями обоснования были заданность, детерминированность и обратимость, то термодинамика, как первая наука о сложных процессах, «наука о сложности» (И. Пригожин), требует иных подходов. На место абстрактного образа материальной точки приходит образ нагретого тела, как объекта, характеризующегося такими параметрами, как объем, давление, химический состав, температура, которые выражают свойства макроскопических систем. Корреляции между изменениями этих свойств и определяют статус термодинамики как науки, а предсказания реакции системы на изменения, вводимые извне, обуславливают цель теоретического описания.

Возникает необходимость в пересмотре самой логической схемы обоснования «если..., то...», основным содержанием которой является заданность, регулярность, детерминированность и обратимость динамической системы, что создает предпосылки не только для полного описания динамической системы как в направлении ее будущего, так и прошлого на основе одного-единственного состояния, так и возможности управления ею, предсказания и активного действия при изменении начальных условий. Сложные же системы, которые описывает термодинамика, состоят из огромного числа частиц и наделены внутренней способностью эволюционировать в сторону увеличения энтропии, что обуславливает бесконечное разнообразие состояний системы и не позволяет с точки зрения динамики воспроизвести любое ее состояние, в результате чего появляется «вексель возможностей» ее поведения. Не случайно многие физики, воспитанные на идеалах классической механики, хотя и отдавали дань научной ценности второму началу термодинамики, все же высказывали сомнение в постулатах Томсона и Клаузиуса, а некоторые из них пытались обосновать термодинамику без этих постулатов (А. Этинген, Н.Н. Шиллер, Т.А. Афанасьева-Эренфест и др.).

Можно ли было каким-то образом совместить два типа обоснования научного знания – традиционный, классический со строго заданными параметрами, однозначностью, естественным порядком и универсальностью с нарождающимся типом обоснования, противоположным классическому, ориентированному на описание сложных качественно многообразных систем, способных «выходить из повиновения» и «забывать» свои начальные условия?

Несмотря на то, что в конце XIX века большинство ученых приходило к выводу, что термодинамика и динамика несовместимы, такой путь синтеза все-таки был. Этот путь связан с развитием второго направления по формированию теории теплоты – кинетической теории газов и теплоты, приведшей к возникновению нового раздела физики – статистической, и вместе с ней к появлению новых нестандартных эталонов науки. Синтез динамики и термодинамики требовал перехода от микроскопического уровня к макроскопическому, к

формированию такого типа обоснования, который бы позволил обобщить физику движения и траекторий, распространив ее на системы, описываемые термодинамикой.

Впервые такой подход осуществил Больцман, который использует в своем исследовании теорию вероятности поведения сложных систем, состоящих из определенного количества частиц. Если по отношению к движению одной или двух молекул нельзя говорить о необратимости характера их движения, т. е. второй закон термодинамики не применим к микропроцессам, то при наличии огромного числа молекул в их поведении обнаруживается необратимость и появляется возможность применить правила теории вероятности. Вероятностные состояния термодинамической системы зависят не только от положения частиц тела, но и от их скоростей и других величин и соотношение между вероятностью и ее энтропией имеет всеобщий характер. Впервые раскрытие смысла физического понятия энтропии было дано в терминах теории вероятности. Энтропия приобретала смысл вероятности состояния, а второй закон термодинамики раскрывался как чисто статистический закон, целиком основанный на теории вероятности; самопроизвольное изменение системы всегда происходит в направлении увеличения вероятности ее состояния. Не удивительно, что статистическое обоснование Больцманом второго начала термодинамики как одного из самых общих законов физики, толкование его с точки зрения вероятности и случайности абсолютно не вписывалось в традиционную парадигму со строго заданными параметрами, казалось неприемлемым, непонятным для большинства ученых.

Статистическую механику Больцмана воспринимали не более как измышления «математического террориста» и только в конце XIX века работы Больцмана в этом направлении привлекли внимание и вызвали научную дискуссию. Такие ученые, как Э. Цермело, А. Пуанкаре, В. Оствальд отрицательно отнеслись к подходам Больцмана. Такое отношение особенно характерно выразил Э. Мах, который называл учение об атомах, атомистику «шабашем ведьм», писал о своей «антипатии к гипотетико-фиктивной физике» и в соответствии с этим обосновал «свое особое мнение на счет исследований Больцмана касательно второго принципа на основе кинетической теории газов».

Использование основных идей Больцмана о связи энтропии с вероятностью при теоретическом обосновании открытого Планком закона черного излучения (1900 г.), выход «Статистической механики» Гиббса (1902 г.), работы Эйнштейна по статистической механике (1902–1903 гг.), развитие идей Больцмана в работах П. и Т. Эренфестов и М. Смолуховского (1906–1912 гг.) обусловили поворот в отношении теории Больцмана, узаконили статистическое понимание второго начала термодинамики и способствовали дальнейшему развитию статистической физики. С этих пор безраздельно господствующая ньютоновская эра в обосновании научного знания не могла игнорировать закономерности случайного, должна была включать в себя динамические и статистические измерения, учитывать фактор вероятностного подхода при описании сложных явлений и расширять логическую схему «если..., то...», предусматривающую однозначную связь между основаниями и тезисом аргументации. Стало ясно, что законы движения сложной системы несводимы непосредственно к законам движения отдельных частиц.

Предпринятое Больцманом статистическое обоснование второго начала термодинамики, как одного из самых общих законов физики, толкование его с точки зрения вероятности и случайности абсолютно не вписывалось в традиционную парадигму со строго заданными параметрами, казалось неприемлемым, непонятным для большинства ученых. Статистическую механику Больцмана воспринимали не более как измышления «математического террориста» и только в конце XIX века работы Больцмана в этом направлении привлекли внимание и вызвали научную дискуссию. Впоследствии статистическое понимание второго начала термодинамики было узаконено, способствуя дальнейшему развитию статистической физики. С этих пор безраздельно господствующая ньютоновская эра в обосновании научного знания не могла игнорировать закономерности случайного, должна была включать в себя динамические и статистические измерения.

Особую роль математических уравнений в теории электромагнитного поля продемонстрировал Максвелл. Восхищаясь могуществом математики, Герц отмечал, что нельзя изучать эту удивительную теорию, не испытывая по временам такого чувства, как будто в математических формулах есть самостоятельная жизнь, свой собственный разум, как будто они умнее даже самого автора, как будто они дают больше, чем в свое время было в них вложено. По своему духу теория электромагнитного поля Максвелла была математической теорией. Все попытки самого Максвелла «разбавить» математическую теорию электромагнитного поля объяснениями, основанными на интуиции, оказались безуспешными. Математика перестала быть лишь средством описания, а выступала как способ обоснования и получения истины. Знаменитое ньютоновское кредо «гипотез не измышляю» теряло статус безусловного и строгого правила, и особую значимость в развитии научного знания начинала играть математическая гипотеза.

Наряду с теорией относительности, эпохальным открытием, решительно изменившим наши представления о роли математики в науке, о способах познания объективного мира явилось создание квантовой теории, где особенно ярко проявился эвристический потенциал математики, возможности открытия «на кончике пера». Постоянная Планка требовала пересмотра классических представлений о координатах и импульсах, обнаруживала недостаточность сферы влияния классической механики и подобно тому, как и в случае формирования теории относительности обусловила необходимость философского обоснования возникающей теории, ее оснований, «обнажая» проблему статуса научных понятий классической механики в новой области. Попытки обосновать основную гипотезу о представлении энергии конечными порциями на основе классических представлений не приводили к положительным результатам.

Неслучайно гипотезу о квантах первоначально называли эвристической, рабочей гипотезой, математическим приемом.

На всех этапах развития классической и неклассической науки математика выступала своеобразным эвристическим инструментом и «мостом» в пространство и проблемное поле методологии естественнонаучного и социально-гуманитарного знания. Динамика классической науки показала, что с позиций механистического мировоззрения все более сложным становилось объяснение разнообразных явлений природы. Долгое время механистическое мировоззрение оказывало науке несомненные услуги, хотя некоторые ученые и видели его ограниченность, и порою скептически относились к его попытке объяснить все явления природы. К началу же XX в. скептицизм перерос в уверенность, в глубокое движение, имеющее радикальный разрушительный характер не только для физики, но и для химии, астрономии, теории познания. Период блестящих предсказаний на основе классической механики заканчивался, и теория стала отставать от эксперимента, постепенно утрачивая и объяснительную функцию.

И все же, как бы подытоживая заслуги классической теоретической физики и в целом классической науки, Больцман с гордостью отмечал, что, тем не менее, столетие поработало достаточно. Оно завещает грядущему неожиданное изобилие положительных фактов и великолепную прозрачность, и ясность методов.

Таким образом, «величественный период» классической науки, завершившийся становлением дисциплинарного естествознания, формированием термодинамики и электродинамики, развитием химии, биологии, геологии, физической химии, экономической статистики и других областей приводил к пересмотру традиционных идеалов научного знания. Прежде всего, происходит явный отход от безусловной необходимости классической схемы обоснования «если..., то...», значимой для механистических процессов, где начальные условия задают строго детерминированный, предсказуемый, однозначный результат. Высказанная еще Эпикуром мысль об отклонении атома от прямой линии, его «свободе», необратимом характере развития получает естественнонаучное обоснование благодаря развитию термодинамики и статистической физики. Обоснование научного знания во вновь открытых областях не ограничивалось традиционными динамическими подходами как самыми надежными и «элементарными», описывающими поведение объектов в соответствующей системе строго однозначным образом, а все больше нуждалось в статистическом методе, концепциях случайности, сложности и необратимости.

Опыт, который рассматривался в рамках классической парадигмы как источник и критерий рационального размышления, доставляющий ему истинные факты о природе «самой по себе», оказался неспособным выявить предмет исследования (электромагнитное поле, сложную структуру атома). Познавательный статус фактов опыта не устанавливался с точки зрения теории, описывающей и объясняющей их (опыт «виделся» через соответствующие «теоретические очки»). Интерпретация эмпирических фактов основывалась на математизированных гипотетических иллюстрациях, а не только на основе наглядных образцов. Математика перестала быть лишь средством описания, а выступала как способ обоснования и получения истины. Знаменитое ньютоновское кредо «гипотез не измышляю» теряло статус безусловного и строгого правила, и особую значимость в развитии научного знания начинала играть математическая гипотеза.

Для понимания и принятия научных положений приходилось прибегать к философскому анализу статуса различных познавательных процедур и методов научно-познавательной деятельности, а также к прагматически-технологическим, «производственным» средствам и аргументам для обоснования отстаиваемых концепций. Высоко развитая классическая наука постепенно подводила ученых к изучению тайн микромира, к революционной ломке общих представлений, понятий, способов обоснования, тем самым демонстрируя эвристический потенциал царицы наук – математики.

Литература

Яскевич, Я.С. Философия и наука: время диалога, ответственности и надежды: избранные труды / Я.С. Яскевич. – Минск: Право и экономика, 2014. – 551 с.